

РАДІОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СУМІСНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА БІОСЕНСОРА

*Перегудов С. М., к.т.н., доцент; Войцехівська В. І., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Радіометричні методи дослідження властивостей фізичних та біологічних об'єктів широко застосовуються в багатьох сферах науки і техніки. Особлива увага надається проведенню таких досліджень у міліметровому діапазоні довжин хвиль, оскільки випромінювання у даній частині електромагнітного спектру може суттєво впливати на живі організми. З іншого боку, біоб'єкти самі є джерелами подібного випромінювання [1]. Останніми роками у біомедичній галузі використовуються різноманітні матеріали, які можуть знаходитись у тривалому контакті з живими тканинами та мікроорганізмами. Зокрема, така ситуація притаманна чутливому елементу біосенсорів, які є різновидом хімічних сенсорів, принцип дії яких має біохімічну природу. Як правило, складаються із двох перетворювачів: біохімічного та фізичного. Перший виконує функцію розпізнавання, перетворюючи інформацію про хімічні зв'язки у певний фізичний сигнал. Задача фізичного перетворювача зареєструвати цей сигнал за допомогою спеціального обладнання. Чутливим елементом біосенсора може бути субстанція, що містить ферменти, бактерії, рецептори, тканини, антитіла, ДНК, і яка здатна реагувати на присутність певного компонента в біоб'єкті, що досліджується. А первинний сигнал залежить від їх концентрації.

В процесі виготовлення чутливих елементів використовується широкий спектр матеріалів (метали, кераміка, полімери та біокомпозити), а також покриття на їх основі. Їх задачею є підвищення чутливості біосенсора та забезпечення біосумісності його з живим організмом. Існує досить велика кількість показників, які характеризують таку сумісність [2]. Проте жоден з них не враховує теплове електромагнітне випромінювання чутливого елемента та досліджуваного об'єкту, що, на наш погляд доцільно робити, звертаючи увагу на результати досліджень впливу електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону на біологічні об'єкти [1]. Оскільки матеріал чутливого елемента біосенсора знаходиться у тривалому контакті з біотканиною живого організму або субстанцією з мікроорганізмами, то може порушуватись баланс між випромінюванням та поглинанням хвиль у тонкому контактному шарі, зокрема у міліметровому діапазоні. У свою чергу це може порушити термодинамічну рівновагу та спотворити біологічні процеси у зазначеній області. Тому оцінка рівню теплового електромагнітного випромінювання матеріалів біосенсора є актуальною задачею.

Інструментом для такої оцінки може бути радіометричний приймач. Проте важливим його параметром є чутливість оскільки йдеться про низько

інтенсивне випромінювання. Для сучасної апаратури такого класу поріг чутливості для спектральної щільності потужності шуму (СЩПШ) сягає $10^{-21} \dots 10^{-22}$ Вт/Гц·см² [1]. Тому доцільно визначити рівень випромінювання як матеріалів біосенсора, так і біотканин.

Слід вважати, що таке випромінювання в біооб'єктах у міліметровому діапазоні здійснюється лише поверхневим шаром через великий відсоток води, що містить практично будь-який живий організм. рідини без врахування процесів, які протікають в об'ємі середовища, саме тому всі дослідження проводяться в мм-діапазоні хвиль.

Радіометрична система вимірює надлишкову СЩПШ, яка є різницею між СЩПШ сигналу, що поступає на вхід приймальної антени (p), та власних шумів системи (p_{pc}). Величину СЩПШ можна визначити за законом Планка для теплового електромагнітного випромінювання

$$p = hf \left(\frac{1}{\exp(hf/kT_0) - 1} + \frac{1}{2} \right), \quad (1)$$

де f – частота випромінювання, $T_0 = 313$ К – початкова температура об'єкту спостереження.

Якщо припустити, що приріст температури набагато менший за T_0 та температури системи T_{pc} , то надлишкова СЩПШ визначається як

$$\Delta p = p - p_{pc} = hf \left(\frac{1}{\exp(hf/k(T_0 + \Delta T)) - 1} - \frac{1}{\exp(hf/kT_{pc}) - 1} \right) \quad (2)$$

Для міліметрового діапазону ($hf/kT_0 \ll 1$) замість (2) переходить у формулу Найквіста

$$\Delta p = k\Delta T, \quad (3)$$

де Δp – надлишкова СЩПШ, що обумовлена приростом температури у контактному шарі.

В процесі досліджень проведено аналіз можливого значення надлишкової СЩПШ, яка може спостерігатись для екзотермічних біохімічних реакцій. Зокрема для реакції бродіння величина СЩПШ, розрахована за формулою (3) у 3-4 рази перевищує поріг чутливості радіометричної системи.

Це дозволяє стверджувати про можливість використання такої апаратури для оцінки власного електромагнітного випромінювання біоматеріалів та біотканин і застосовувати радіометричний метод для оцінки їх біосумісності.

При проектуванні та розробці чутливих елементів біосенсорів слід оцінювати різні властивості біоматеріалів, у тому числі, випромінювальну здатність, що дозволить отримувати більш точну інформацію про властивості

живих організмів.

Перелік посилань

1. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / [Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. и др.] ; под общ. ред. Ю.А. Скрипника. – Житомир, 2003. – 408с.
2. Полимеры в биологии и медицине/ Под ред. М. Дженкинса // Пер. с англ. О.И. Киселева. – М.: Научный мир, 2011. – 256 с.

Анотація

В наш час радіометричні методи дослідження широко використовуються в багатьох сферах життя, зокрема і в медицині. При розробці біомедичної апаратури необхідно звернути увагу на хімічні реакції, біологічну та фізичну сумісність біооб'єктів, які в подальшому будуть взаємодіяти між собою. Описаний, в даній роботі, метод, дозволяє швидше оцінити біосумісність досліджуваних біоматеріалів, за рахунок реєстрації антеною радіометричної системи надлишкового СЦПШ.

Ключові слова: біосумісність, біооб'єкт, радіометричний метод, випромінювальна здатність.

Аннотация

В настоящее время радиометрические методы исследования широко используются во многих сферах жизни, в том числе и в медицине. При разработке биомедицинской аппаратуры необходимо обратить внимание на химические реакции, биологическую и физическую совместимость биобъектов, которые в дальнейшем будут взаимодействовать между собой. Описанный, в данной работе, метод, позволяет быстрее оценить биосовместимость исследуемых биоматериалов, за счет регистрации антенной радиометричной системы избыточного СПМШ.

Ключевые слова: биосовместимость, биобъект, радиометрический метод, излучательная способность.

Abstract

Nowadays radiometric research methods are widely used in many spheres of life, including medicine. When developing biomedical equipment, it is necessary to pay attention to chemical reactions, biological and physical compatibility of biological objects, which will interact in the future. The method described in this paper makes it possible to evaluate the biocompatibility of the tested biomaterials faster, by registering the antenna of the surplus SDNP system with the antenna.

Keywords: biocompatibility, bioobject, radiometric method, emissivity.